हमें विद्युत के बारे में कैसे पता चला?

आइजिक ऐसीमोव

हिंदी अनुवादः सत्येंद्र कुमार जैन

विद्युत की कहानी

लेखक: आइज़िक ऐसिमोव
हिंदी अनुवाद: सत्येन्द्र कुमार जैन

1. रगड़ना और आकर्षण

विद्युत की कहानी 2500 वर्ष पूर्व पृथ्वी के पश्चिमी सिरे के देश टर्की से शुरू हुई। उस स्थान पर एक शहर

मैग्नीशिया था जहां के लोग ग्रीक भाषा बोलते थे। शहर के पास एक चरवाहा अपनी भेड़ों को चराता था। पथरीले रास्ते पर चढ़ने के लिए वह लोहे की नोक वाली छड़ी का उपयोग करता था। एक दिन उसने लोहे की नोक को पत्थर से स्पर्श किया तो उसे आभास हुआ कि छड़ी थोड़ी पत्थर से चिपकी हुई है। क्या पत्थर पर कोई चिपकने वाला पदार्थ था? उसने पत्थर को उंगली से छुआ और देखा कि वहां कोई भी चिपकने वाला पदार्थ नहीं था। लोहे की नोक के अतिरिक्त पत्थर पर कुछ भी नहीं चिपका था। चरवाहे ने यह बात अन्य लोगों को भी बताई। थलेस (Thales) नाम का एक विद्वान उस क्षेत्र मे रहता था। आज उसे वैज्ञानिक कह सकते हैं। उसने मैग्नीशिया के ऐसे पत्थरों के विषय में सुन रखा था तथा उसके पास कुछ वैसे पत्थर भी थे। ये पत्थर केवल लौह पदार्थों को ही आकर्षित करते थे और किसी को नहीं। थलेस ने इस पत्थर को मैग्नीशिया शहर के नाम पर चुम्बकीय पत्थर का नाम दिया। हम हिंदी में इसे चुम्बक कहते हैं।

थलेस को यह आश्चर्य हुआ कि कैसे एक निर्जीव सा पत्थर का टुकड़ा किसी पदार्थ को अपनी और आकर्षित करता है। उसे इस बात पर भी आश्चर्य हुआ कि यह पत्थर केवल लोहे को ही खींचता था। उसने सोचा क्या किसी अन्य वस्तु में भी इस प्रकार का विशेष गुण होगा? उसने दूसरे पदार्थो की भी जांच की। थलेस ने एक अन्य कांच जैसे सुनहरे रंग के पदार्थ की जांच की जिसे हम अम्बर या कहरुआ (amber) कहते हैं। परन्तु ग्रीक भाषा में इसे “इलेक्ट्रान (elektron)” कहते हैं। अम्बर ने लोहे को आकर्षित नहीं किया। परन्तु उसको उंगलियों से रगड़ने पर अम्बर की खुशबू और भी अधिक हो गयी। जैसा की उसे अनुमान था, अम्बर को

रगड़ने के पश्चात उसने देखा कि अम्बर ने कुछ पदार्थों के छोटे-छोटे टुकड़ों को अपनी ओर आकर्षित किया। ये पदार्थ नर्म रोयें (fluff), धागे (thread), पंख (feathers), अथवा काठ के पतले टुकड़े (splinters) थे। परन्तु इनका आकर्षण चुम्बक की तरह नहीं था। रगड़े हुए अम्बर में आकर्षण भिन्न प्रकार का था।

थलेस यह नहीं समझ पाया कि ऐसा क्यों हुआ, परन्तु उसने वह सब लिखा जो उसने किया। दूसरे लोगों ने उसके प्रयोगों के बारे में पढ़ा, उस पर विचार किया तथा यह निष्कर्ष निकाला कि चुम्बकीय पत्थर उपयोगी है। यदि लोहे की सुई को चुम्बकीय पत्थर से हल्का सा रगड़ा जाये तो सुई भी चुम्बकीय हो जाती है तथा लोहे के पदार्थों को आकर्षित करती है। यदि चुम्बकीय सुई को एक कार्क (cork) पर रख कर जल में तैराया जाये, तो वह घूमती है तथा उसका एक सिरा उत्तर दिशा की ओर घूम जाता है। नाविकों को जब समुद्र से धरती नहीं दिखाई देती, तब वे इस तरह की तैरती हुई सुई का सहारा लेकर दिशा का ज्ञान करते हैं।

उत्तर दिशा को दर्शाने वाली चुम्बकीय सुई को कंपास (compass) का नाम दिया गया। सन 1400 तक यूरोप के नाविक इन चुम्बकीय सुईओं की सहायता से समुद्र के रास्ते दूर धरती के स्थानों की खोज करते थे। यदि जहाज़ों के पटल (board) पर कंपास नहीं होते तो सन 1492 में क्रिस्टोफेर कोलंबस का अमेरिका पहुंचना अत्यंत कठिन होता। परन्तु अम्बर के विषय में सोचें तो वह कुछ उपयोगी प्रतीत नहीं हुआ और बहुत कम लोगों ने इसपर ध्यान दिया।

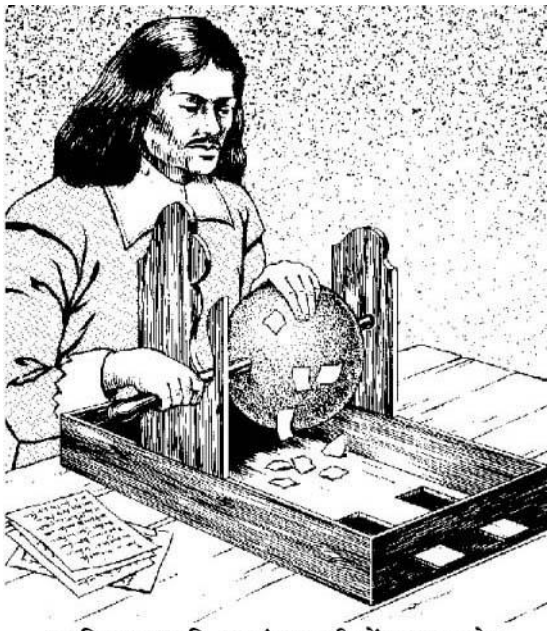
सन 1570 के आसपास विलियम गिल्बर्ट नाम के अंग्रेज ने चुम्बकों के साथ प्रयोग प्रारंभ किये। उसको भी अम्बर के विषय में आश्चर्य हुआ। अम्बर रगड़ने के पश्चात कुछ पदार्थों को अपनी ओर आकर्षित क्यों करता है? अम्बर के विषय में और क्या कुछ विशेष है?

अम्बर विशेष तो है, क्योंकि सर्वप्रथम इसके सुंदर रंग के कारण आभूषण बनते हैं। क्या अन्य रत्न भी रगड़ने पर इस तरह से अन्य पदार्थों को आकर्षित करेंगे? गिलबर्ट ने अन्य रत्नों के साथ भी ऐसे प्रयोग किये तथा पाया कि अन्य रत्न भी रगड़ने पर दूसरे छोटे-छोटे पदार्थों को आकर्षित करते हैं। उदारहण के तौर पर हीरा (diamond), नीलम (sapphire), एवं ओपल (opal) ने भी अम्बर की तरह व्यवहार किया। कुछ साधारण पत्थरों ने भी इस प्रकार का व्यवहार किया।

गिलबर्ट को ज्ञात था कि अम्बर को ग्रीक में इलेक्ट्रान (elektron) तथा लैटिन में एलेक्ट्रम (electrum) कहते हैं। अतः उसने अपनी ओर छोटे-छोटे पदार्थो को आकर्षित करने वाले पदार्थों को विद्युती (electrics) का नाम दिया। उसने इस शब्द का प्रयोग उन सभी पदार्थों के लिए किया जो अम्बर के समान व्यवहार करते थे।

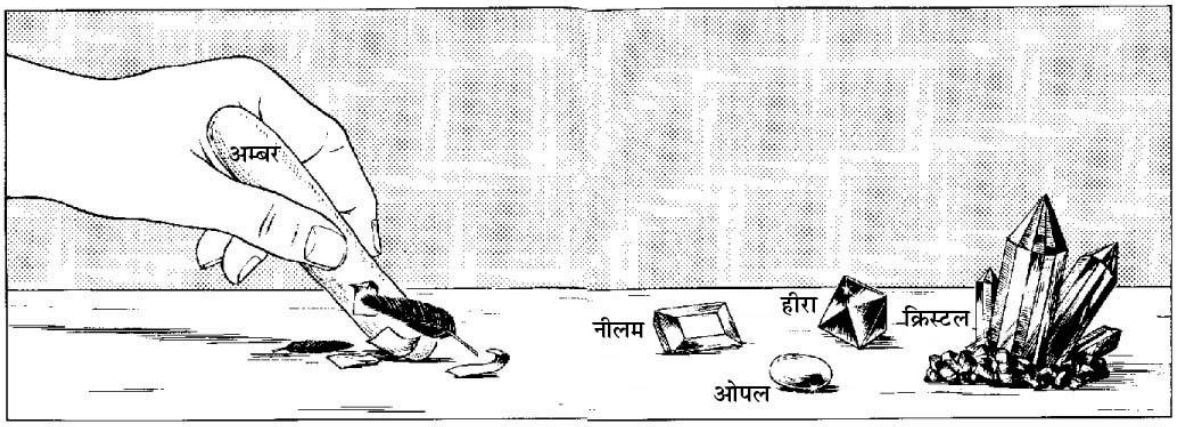
परन्तु आकर्षण की उस अज्ञात शक्ति को क्या कहा जाये जिसके कारण अम्बर पर कागज के छोटे-छोटे टुकड़े चिपक जाते हैं। सन 1650 के लगभग वाल्टर चार्लटन ने इसे विद्युत (electricity) कहा। उस समय यूरोप

के लोगों का प्रकृति की ओर लगाव बढ़ रहा था। वे सभी लोग अन्य पदार्थों के विभिन्न व्यवहारों पर प्रश्न एवम प्रयोग करते रहे थे।



गयुरिक द्वारा किया गंधक की गेंद का प्रयोग

जब अम्बर को रगड़ा गया तो हलके पदार्थ आकर्षित हुए। यदि अधिक रगड़ा जाये तो क्या होगा? क्या आकर्षण अधिक होगा? क्या अम्बर में और अधिक विद्युत आ जाएगी? इस तरह के प्रयोग करने वाला ओतोवान गयुरिक (Ottovon Guericke) नामक एक व्यक्ति था। संभवतः उसने अम्बर के एक टुकड़े को कपड़े से अधिकाधिक रगड़ा और फिर जब उसने इसको अपनी उंगलियों के बीच में दबाया तो उसने चिटकने (crackles) जैसी आवाज सुनी। जब उसने यह सब अंधेरे में किया तो उसे हर आवाज के साथ रोशनी की लकीरें (flash) भी दिखीं। हो सकता है कि रगड़ के कारण अम्बर कुल विद्युत को अपने में रोक नहीं सका हो तथा कुछ विद्युत आवाज व रोशनी की लकीरों के साथ बाहर चली गयी हो।



परन्तु चिटकन एवं रोशनी की लकीरें इतनी छोटी थीं कि गयुरिक हताश हो गया और उसे लगा कि उसे यदि इस प्रयोग को और आगे भी करना है तो उसे अम्बर में और अधिक विद्युत की आवश्यकता होगी। इसके लिए उसे अम्बर के बड़े टुकड़े की आवश्यकता थी। क्योकिं अम्बर एक रत्न था, उसके बड़े टुकड़े बहुत महंगे थे। इसलिए गयुरिक ने सन 1672 में गंधक (sulphur) नाम के एक नये पीले पदार्थ का प्रयोग किया, क्योंकि गंधक अम्बर की तुलना में बहुत सस्ता था। यह विद्युत ही थी जो गंधक के रगड़ने पर हलके पदार्थों को अपनी ओर आकर्षित करती थी।

गयुरिक ने पर्याप्त मात्रा में गंधक के टुकड़े एक बड़े गोल फ्लास्क (flask) में रखे। उसने फ्लास्क को गर्म करके गंधक को पिघलाया और अधिक गंधक तब तक डालता रहा जब तक कि फ्लास्क पूरी तरह नहीं भर गया। तत्पश्चात काठ के मूठ (handle) के सिरे को पिघली हुई गंधक में रखा और ठंडा होने दिया। फ्लास्क

की गंधक की पीली और ठोस गेंद में परिवर्तित हो गयी। गयुरिक ने सावधानी से फ्लास्क को तोड़ा तथा कांच के टुकड़ों को सावधानी से निकाला। उसे मूठ के साथ पीली गंधक की गेंद मिली जो उसके सर से भी बड़ी थी। उसने मूठ की सहायता से गंधक की गेंद को घुमाया तथा दूसरे हाथ गंधक को रगड़ा। उसने देखा कि गंधक की गेंद विद्युत से भरी हुई है। तब तक किसी ने भी इतनी विद्युत को एक स्थान पर एकत्रित नहीं किया था। विद्युत से भरने पर गंधक की गेंद ने बहुत आवाज वाली चिटकन दी। जब विद्युत बाहर आयी या मुक्त (discharge) हुई तो गेंद से चिंगारियां भी निकलीं जो इतनी चमक वाली थीं कि रोशनी में भी दिखाई दीं। गयुरिक पहला आदमी था जिसने घर्षण से विद्युत उत्पादन करनी वाली मशीन का आविष्कार किया था।

2. चालक और कुचालक

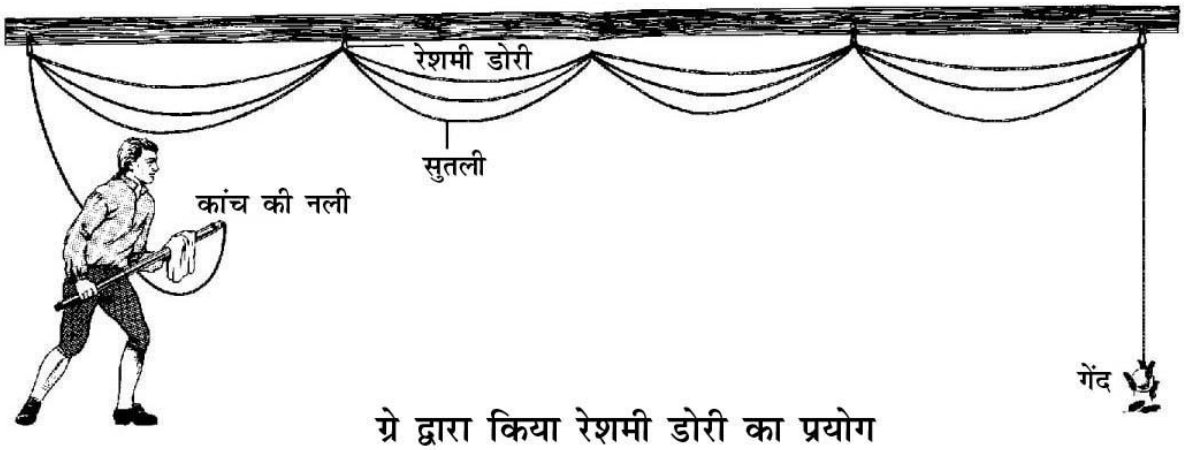
गयुरिक के प्रयोगों को पढ़ने के पश्चात लोग विद्युत के अध्ययन में अधिक रूचि लेने लगे।
स्टीफेन ग्रे (Stephen Gray) नामक एक अंग्रेज़ ने खुद से ही कुछ प्रयोग करने का निर्णय लिया। उसने कांच का उपयोग विद्युत उत्पादन में किया क्योंकि कांच के बड़े टुकड़े सस्ते भी थे। यदि गयुरिक को ज्ञात होता कि कांच एक अच्छा विद्युत है, तो गंधक के चारों ओर के कांच वह नहीं तोड़ता। वह कांच का प्रयोग करता और गंधक को छूता भी नहीं।

ग्रे ने लगभग 1-मीटर लम्बी खोखली कांच की नली को रगड़ा। इस नली ने पंखों को आकर्षित किया, जिससे ज्ञात होता है कि कांच की नली में रगड़ के कारण विद्युत उत्पन्न हुई है। चूंकि कांच की नली दोनों छोर पर खुली हुई थी, ग्रे ने विचार किया कि नली में धूल भर जायेगी तथा उसका प्रयोग व्यर्थ हो जायेगा। अतः उसने दोनों छोर पर कार्क लगा दी। तब उसे कुछ अनोखा सा प्रतीत हुआ। पंख कार्क की ओर भी आकर्षित हुए, जबकि उसने कार्क को रगड़ा ही नहीं था, उसने तो केवल कांच को ही रगड़ा था। इससे ग्रे ने यह निष्कर्ष निकाला कि कांच की नली में रगड़ से विद्युत उत्पन्न हुई और विद्युत कार्क में प्रवेश कर गयी।
क्या यह सच हो सकता है? क्या विद्युत चल सकती है? ग्रे ने इस संभावना के परीक्षण के लिये अन्य प्रयोग किये। उसने एक 10-सेंटीमीटर लम्बी कांच की नली ली और इसके एक छोर पर कार्क लगा दी तथा दूसरे छोर पर एक हाथी दांत (ivory) की गेंद लगा दी। इसके पश्चात उसने केवल कांच को रगड़ा और ध्यान रखा कि हाथी दांत की गेंद तथा कार्क को न छूआ जाये। इसके पश्चात भी पंख हाथी दांत से चिपक गये। इससे यह निष्कर्ष निकला की विद्युत का संचार कांच से कार्क और हाथी दांत में हुआ।

जल एवं वायु नली में बह सकते हैं। इस संचारण को प्रवाहित होना कहते हैं। कोई भी तरल पदार्थ तथा गैस प्रवाहित हो सकती है। जैसे नदी में एक तरल पदार्थ या द्रव बहता है वैसे ही वायु बहती हुई गैस है।

द्रव तथा गैसों को द्रव (fluids) कहते हैं जिसको लैटिन भाषा के शब्द "fluids" से लिया गया है जिसका अर्थ प्रवाहित होना (to flow) है। अतः ग्रे ने दर्शाया कि विद्युत पदार्थों के माध्यम से प्रवाहित हो सकती है और अन्य द्रवों कि तरह वह भी एक प्रवाहित होने वाला द्रव है। इस प्रयोग के बाद अन्य लोग भी विद्युतीय द्रव के विषय में चर्चा करने लगे।

इसके पश्चात ग्रे ने प्रयत्न किया कि विद्युत को कितनी दूरी तक संचारित कर सकते हैं? उसने हाथी दांत की गेंद को एक तरफ डोरी से बांधा। यह डोरी दूसरी तरफ कार्क से जुड़ी थी और कार्क कांच की नली के एक छोर पर थी। कांच की नली को रगड़ने पर, हाथी दांत की गेंद ने पंखों को आकर्षित किया। उसने और लम्बी डोरी ली जब तक कि हाथी दांत की गेंद 9-मी लम्बी डोर के छोर पर झूलती रही। तब भी गेंद पंखो को आकर्षित करती रही।



ग्रे द्वारा किया रेशमी डोरी का प्रयोग

ग्रे और अधिक दूरियों का परिक्षण करना चाहता था, परन्तु 9-मी लंबी डोर पर ही उसे अपने घर की छत पर खड़ा होना पड़ रहा था। उसे एक अन्य विचार आया कि वह अपनी कार्यशाला के अंदर की छत के साथ डोरी को कीलों द्वारा खींचकर लगाये।

इस तरह उसने 100-मी से भी अधिक लम्बी डोरी को आगे-पीछे, कीलों के सहारे छत पर लटका दिया। दोनों छोर छत से नीचे की ओर लटक रहे थे। एक छोर पर कांच की नली लगायी तथा दूसरे छोर पर हाथी दांत की गेंद लगायी। परन्तु अब हाथी दांत को कितना भी रगड़ा, पर पंख आकर्षित नहीं हुए। अचानक विद्युत प्रवाहित होनी बंद हो गई। क्या यह इसलिए था कि डोरी बहुत लंबी थी? आखिरकार उसने डोरी की वह अधिकतम लम्बाई निकाल ली जो विद्युत के प्रवाह के लिए उपयुक्त थी?

परन्तु अब कांच कि नली भी रगड़ने के पश्चात पंखों को आकर्षित नहीं कर रही थी। ऐसा नहीं था कि विद्युत बह ही नहीं रही हो। यहां पर तो विद्युत का उत्पादन ही नहीं हो रहा था। वह कुछ ऐसी चीज़ कर रहा था जो इस प्रयोग को विफल कर रही थी, कुछ ऐसी चीज़ जो उसने पहले नहीं करी थी। वह क्या चीज़ हो सकती थी?

अभी तक उसने डोरी को ऐसे ही झुलाया था। परन्तु इसके पश्चात उसने डोरी को छत में कील द्वारा लगा दिया। क्या कील के माध्यम से विद्युत द्रव छत में से होता हुआ बाहर वायु में चला गया? संभवतः ऐसा ही हुआ होगा, क्योंकि कील पर्याप्त मोटी थी तथा विद्युत का इसके माध्यम से बाहर जाना सरल था। अतः उसने किसी और पतली वस्तु का उपयोग करने की सोची।

ग्रे के पास कुछ पतला व मजबूत रेशम का धागा था। उसने रेशम के धागे के टुकड़े को प्रत्येक कील पर बांधा। अब विद्युत द्रव डोरी से कील में, और रेशम के धागे से हो कर ही जा सकता था। यदि रेशम इतना पतला है कि विद्युत उसमे से नहीं जा पाये, तो विद्युत डोरी में ही रहेगी तथा प्रयोग पुनः सफल होगा। उसने ऐसा किया तथा प्रयोग सफल भी हुआ।

विद्युत द्रव 30-मी लम्बी डोरी में एक छोर से दूसरे छोर तक प्रवाहित हुआ। जब उसने कांच को डोरी के एक छोर पर रगड़ा तो दूसरे छोर पर हाथी दांत की गेंद ने पंखों को अपनी ओर आकर्षित किया। ग्रे अधिकाधिक डोरी का उपयोग करता गया। अंत में डोरी इतनी भारी हो गयी कि उसको संभालने वाला रेशम का धागा टूट गया। तब ग्रे ने डोरी को संभालने के लिये रेशम के धागे के स्थान पर पतले पीतल का तार का इस्तेमाल किया। परन्तु अब विद्युत पंखों तक नहीं पहुंच पायी और वायु में प्रवाहित हो गयी। ग्रे ने निष्कर्ष निकला कि विद्युत द्रव पीतल के तार के माध्यम से बाहर चला गया। ग्रे को लगा कि महत्वपूर्ण बात यह है कि तार किस पदार्थ का बना हुआ है, न कि कितना पतला है।

ग्रे ने और अधिक प्रयोग किये तथा पाया कि विद्युत को अन्य वस्तुओं की अपेक्षा धातु के तार के माध्यम से अच्छी तरह से प्रवाहित कर सकते हैं। इस कारण से धातु अथवा अन्य पदार्थ जिसके माध्यम से विद्युत प्रवाहित हो सके, उस पदार्थ को विद्युत चालक या सुचालक (conductor) कहा गया। जिसके माध्यम से विद्युत कठिनाई से प्रवाहित हो, उसे रेशम के सामान कुचालक (insulator) कहा गया।

अब ग्रे समझ चुका था कि अम्बर, कांच, गंधक तथा अन्य पदार्थ रगड़ के कारण क्यों विद्युतमय हो जाते थे। वे सब कुचालक थे। एक बार रगड़ने पर वे विद्युतमय हो जाते थे तथा उनमें से विद्युत कहीं नहीं जा सकती थी।

सन 1731 में ग्रे ने अपने सिद्धांत का परिक्षण राल (resin) के गुटके पर धातु को रख कर किया। राल अम्बर की तरह का पदार्थ है तथा कुचालक भी है। उसने धातु को हाथ से न रगड़ कर, रेशम के रुमाल से रगड़ा। रेशम भी कुचालक है। धातु के संपर्क में केवल राल, रेशम, तथा वायु थे जो सभी कुचालक थे।

रगड़ने से धातु में विद्युत उत्पन्न हुई जो कुचालकों के माध्यम से बाहर नहीं जा सकी। विद्युत धातु में ही रही तथा उसने पंखों को आकर्षित किया।

ग्रे ने एक लड़के को छत से एक मजबूत रेशम की डोरी से लटकाया तथा उसके एक हाथ को रेशम से रगड़ा। कुछ समय पश्चात, पंख उस लड़के एवम उसके वस्त्रों से चिपक गये।

ग्रे ने इस तरह यह दर्शाया कि किसी भी वस्तु को रगड़ने पर उसमे विद्युत द्रव भरा जा सकता है।

3. द्रव एवम मर्तबान

ग्रे के प्रयोगों की सूचना शीघ्र ही यूरोप के अन्य भागों में पहुंची। फ्रांस में चार्ल्स फ्रांसिस डूफे (Charles Francis DuFay) ने स्वयं कुछ प्रयोग किये। सन 1733 में उसने कार्क का एक पतला टुकड़ा लिया तथा उसे स्वर्ण की पतली परत से ढका। फिर इसे छत से एक रेशम की डोर से लटकाया। जब उसने विद्युतमय छड़ी से कार्क को छूकर विद्युतमय किया तो विद्युत समान रूप से स्वर्ण की सतह पर फ़ैल गयी। ऐसा इसलिए हुआ क्योंकि स्वर्ण विद्युत का सुचालक था। तथा स्वर्ण और कार्क केवल रेशम की डोर तथा वायु से संपर्क में आये थे, इसलिए विद्युत विसर्जित (escape) नहीं हो पायी।

यदि डूफे चाहता कि कार्क को विद्युतमय करने के पश्चात विद्युत विसर्जित हो जाये तो उसे सिर्फ धातु के टुकड़े से कार्क को छूना था। ऐसा करने से विद्युत द्रव तुरंत धातु के टुकड़े में आ जाता तथा कार्क विद्युतरहित हो जाती।

डूफे ने दूसरे कार्क के टुकड़े को पहले टुकड़े की तरह सोने कि पतली परत से ढका तथा पहले टुकड़े के निकट ही छत से लटकाया। अब वहां कार्क के दो टुकड़े पास-पास कुछ से.मी. ही दूर थे। डूफे ने यह निश्चित किया कि कमरे में हवा बिल्कुल नहीं हो जिससे दोनों टुकड़े बिलकुल सीधे लटके रहें। उसने सोचा कि यदि एक टुकड़े को विद्युतमय करेंगे तो वह दूसरे को आकर्षित करेगा। डूफे ने रेशम के साथ कांच की छड़ी को तब तक रगड़ा जब तक कि छड़ी विद्युत द्रव से भर गयी। उसने इस विद्युतमय छड़ को कार्क के टुकड़े से छुआ। विद्युत का कुछ अंश स्वर्ण से ढकी हुई कार्क में प्रवाहित हो गया।

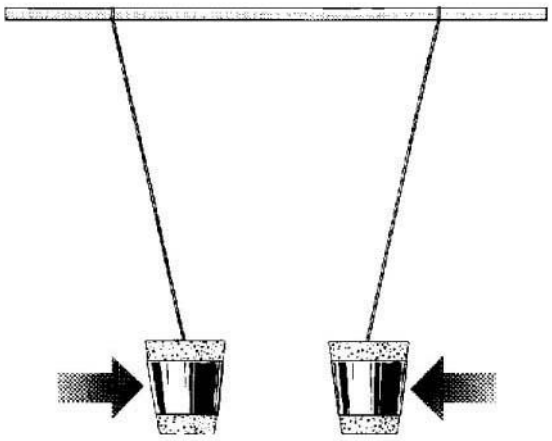
जैसे की उसने अपेक्षा की थी, ठीक वैसा ही हुआ। विद्युतमय कार्क एवम अनछुई कार्क के बीच में आकर्षण हुआ।

दोनों कार्क के टुकड़े सीधे न लटककर एक दूसरे के प्रति झुक गये। विद्युतीय आकर्षण उन दोनों को एक साथ खींच रहा था।

यदि कार्क के दोनों टुकडों को विद्युतीय करें तो वे दोनों एक दूसरे को और आकर्षित करेंगे। डूफे को लगा कि इससे आकर्षण दो गुना शक्तिशाली होगा। अतः कार्क के टुकड़े एक दूसरे को और निकट खीचेंगे तथा और बड़े कोण पर लटकेंगे।

डूफे ने यही प्रयोग किया। उसने कार्क के दो टुकड़े नीचे लटकाये। फिर उसने कांच की छड़ को रगड़ा तथा पहले एक टुकड़े को स्पर्श किया तत्पश्चात दूसरे टुकड़े को स्पर्श किया। उसको आश्चर्य हुआ कि टुकड़ों के बीच आकर्षण अधिक शक्तिशाली नहीं था। कार्क के टुकड़े सीधे नहीं बल्कि कोण पर लटक रहे थे, परन्तु एक दूसरे को प्रतिकर्षित (repel) या दूर करते हुए।

यह बात कुछ पेचीदा थी। क्या विद्युत इस प्रकार व्यवहार करेगी? अथवा प्रयोग में लिये गये कांच में कोई त्रुटि थी। उसने अन्य पदार्थों का उपयोग करने की सोची। उसने राल (resin) की छड़ ली तथा उसे ऊन से रगड़ा क्योंकि ऊन राल पर रेशम की तुलना में अच्छा कार्य करती है। राल को विद्युतीय करके कार्क के दोनों टुकड़ों को छुआ। तुरंत दोनों टुकड़े एक दूसरे से दूर हो गए। वे एक दूसरे को दूर कर रहे थे।



विद्युतीय कार्क और अविद्युतीय कार्क का आकर्षण

डूफे ने एक प्रयोग और किया। उसने एक कांच की छड़ को रेशम से रगड़ा तथा इससे कार्क के एक टुकड़े को छुआ। तत्पश्चात उसने राल की छड़ को ऊन से रगड़ा तथा इससे कार्क के दूसरे टुकड़े को छुआ। इस बार कार्क के टुकड़ों में आकर्षण था। कार्क के विद्युत द्रव से भरे हुए टुकड़े एक दूसरे को आकर्षित कर रहे थे। डूफे को लगा के विद्युत द्रव दो प्रकार के होते हैं। एक वह था जो रगड़ने पर कांच में भर गया था। उसको अभी के लिए हम कांच-विद्युतीय द्रव कहेंगे। और दूसरा जो राल में भर गया था। उसे हम राल-विद्युतीय द्रव कहेंगे। यदि कार्क के टुकड़े समान द्रव से भरे हों, तो वो प्रतिकर्षित करते हैं और यदि वे असमान द्रव से भरे हों तो एक दूसरे के प्रति आकर्षित होंगे। इस तथ्य को समझने के लिये डूफे ने और प्रयोग किये। उसने विद्युतीय छड़ से कार्क के एक टुकड़े को छुआ और कार्क को विद्युत द्रव से भर दिया। उसके पश्चात वह कांच की छड़ को दूर ले जाकर धीरे-धीरे वापस कार्क के निकट लाया। कांच की छड़ एवम कार्क के टुकड़े में समान विद्युत द्रव होने के कारण कार्क का टुकड़ा कांच की छड़ से दूर हो गया। परन्तु विद्युतीय राल की छड़ को लाया गया तो

लेडन जार को छूने से झटका

कार्क आकर्षित हुई तथा राल की छड़ की ओर झुक गयी। कार्क में विद्युतीय द्रव राल की छड़ से भरने पर सभी कुछ विपरीत हुआ। राल की छड़ ने कार्क को दूर किया जबकि कांच की छड़ ने आकर्षित किया।

डूफे ने अन्य पदार्थों के साथ भी प्रयोग किये। उसने देखा कि जब भी किसी पदार्थ को विद्युतीय किया गया, पदार्थ में विद्युत द्रव या तो कांच की छड़ के समान भरा अथवा राल की छड़ के समान। उसे केवल दो प्रकार के ही विद्युत द्रव मिले। कोई तीसरे प्रकार का द्रव नहीं मिला।

उसी समय इस बात की खोज हो रही थी कि किस प्रकार से पदार्थों में अधिक मात्रा में विद्युत को भरा जाये। सन 1745 के आसपास लोगों ने कांच के मर्तबान (jar) के साथ प्रयोग करने चालू किये। ये मर्तबान अंदर और बाहर, स्वर्ण से आंशिक लेपित (coated) थे। मर्तबान के खुले हुए मुहं पर कार्क थी। पीतल की लड़ी (chain) के साथ एक पीतल की छड़ को कार्क के माध्यम से मर्तबान के पेंदे तक लगाया। पीतल की लड़ी ने मर्तबान में लेपित धातु से संपर्क किया। यदि विद्युतीय कांच की छड़ ने बाहर निकली हुई पीतल की छड़ को छुआ तो विद्युतीय द्रव का कुछ अंश मर्तबान के अंदर की धातु में चला जायेगा। विद्युतीय द्रव वहां पहुंचने पर बाहर नहीं निकल सका क्योंकि कार्क एवम कांच दोनों कुचालक थे।

कांच की छड़ को पुनः विद्युतमय करने पर और अधिक विद्युत द्रव मर्तबान में प्रवेशित हो सका। अतः मर्तबान में इतना अधिक विद्युत द्रव डाला जा सका जिससे मर्तबान बहुत विद्युत से आवेशित हो गया।

इस प्रकार के मर्तबानों का आविष्कार करने वालों में एक डच प्रोफेसर थे जिनका नाम पीटर वैन मुस्चेंब्रोक्क (Peter Van Musschenbrock) था। उन्होंने नीदरलैंड के लेडेन विश्वविद्यालय में कार्य किया और नए उपकरण को “लेडेन जार “Leyden Jar” कहा। लेडेन जार में जितना अधिक विद्युत द्रव भरा जाता था, वो उतना ही अधिक बाहर आने का प्रयत्न करता था। यह संदूक में अधिकाधिक कपड़े भरने के समान था। जितने अधिक कपड़े संदूक में रखेंगे उतने ही वे उसके ढक्कन के विरुद्ध धक्का देंगे। यदि संदूक के ढक्कन को खुला छोड़ दें तो कुछ कपड़े बाहर निकल आएंगे। ऐसा ही लेडेन जार में होता था। लेडेन जार को विद्युत से और अधिक आवेशित करने पर जार अधिक सरलता से अनावेषित (discharge) हो जाता था तथा विद्युत द्रव बाहर प्रवाहित हो जाता था।

लेडेन जार के साथ प्रयोग करने वाले प्रथम कुछ लोगों ने पाया कि जार पूर्णतः आवेशित होने पर खतरनाक हो सकता था। जार के ऊपर लगी पीतल की छड़ को लापरवाही से छूने पर पूरी विद्युत बाहर आ सकती थी तथा छूने वाले हाथ में प्रवेश कर सकती थी। मुस्चेंब्रोक्क ने जब अपने लेडेन जार के साथ परीक्षण किया तब

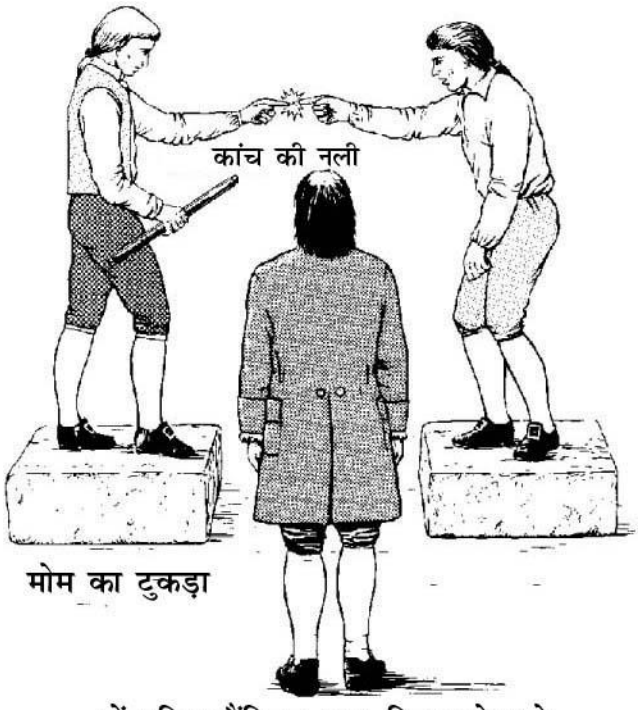
पहले उसने जार को यह विचार किये बिना बनाया कि उसमे कितनी विद्युत भरी जा सकती है। जब उसने पीतल की छड़ को छुआ तो उसे विद्युतीय झटका (electric shock) लगा। इस झटके से वह नीचे गिर पड़ा और दो दिन तक बिस्तर में पड़ा रहा। उसके बाद उसने लेडेन जार के साथ अत्यंत सावधानी पूर्वक कार्य किया।

जब लेडेन जार को अन्य तरीकों से अनावेषित किया गया तो लोग देख सके कि बहुत ज्यादा विद्युत द्रव बाहर प्रवाहित होने पर क्या होता है। जब लेडेन जार के विद्युत द्रव को पतले तारों के माध्यम से प्रवाहित करके उसे अनावेषित किया तो उसने तारों को गर्म कर पिघला दिया।

यदि मर्तबान को ऐसे रखा जाये जिससे पीतल की छड़ जैसी धातु की वस्तु मर्तबान के ऊपर आये तो छूने पर धातु आवेश को बाहर निकाल देगी। यदि मर्तबान को छुआ नहीं जाये, तो धातु एवम मर्तबान के बीच एक वायु की परत होगी जो कुचालक होगी, अतः मर्तबान अनावेषित नहीं हो सकेगा।

यदि मर्तबान को छड़ के और निकट लाया जाये तो उनके मध्य वायु की परत और पतली होती जायेगी। वह जितनी पतली होगी उतनी ही कम कुचालक होगी। अंत में वह आवेश को रोकने के लिये पर्याप्त नहीं होगी। विद्युत द्रव तब, लेडेन मर्तबान से वायु में प्रवेश करेगा। जैसे ही विद्युत वायु के माध्यम से प्रवाहित होगी, वह वायु को गर्म करेगी तथा गर्म वायु चमकेगी। गर्म वायु फैलेगी तथा वापिस आयेगी और ऐसा करने में ध्वनि उत्पन्न करेगी। इसीलिए जब लेडेन जार अनावेषित होता है तो शक्तिशाली चिंगारी तथा तेज चटचटाहट निकलती है।

4. ऋणात्मक एवं घनात्मक



बेंजामिन फ्रैंक्लिन द्वारा किया मोम के टुकड़े और व्यक्तियों का प्रयोग

विद्युतीय प्रयोगों की सूचना अटलांटिक महासागर को पार करते हुए अमेरिका की ब्रिटिश कॉलोनी पेंसिल्वेनिया (Pennsylvenia) पहुंची। पेंसिल्वेनिया में बेन्जामिन फ्रैंक्लिन नाम के एक अमेरिकन ने इंग्लैंड से एक लेडेन जार प्राप्त किया। उसे आश्चर्य हुआ कि विद्युत द्रव कहां से आया। यदि कोई कांच की छड़ को रगड़ता है और इसको विद्युत से भरता है, तो क्या द्रव उसके उस हाथ से आया, जिसने कांच की छड़ को रगड़ा था? और फिर हाथ में विद्युत द्रव कहां से आया? क्या वह धरती से आया?

फ्रैंक्लिन ने इसका परीक्षण करने की सोची। इसके लिये उसने एक व्यक्ति को मोम के बड़े गुटके पर खड़ा किया। मोम कुचालक था। अतः जब तक व्यक्ति ने मोम व वायु के अतिरिक्त कुछ और नहीं

छुआ, विद्युत का कुछ भी अंश उसमे प्रवेश नहीं कर पाया।

मोम के ऊपर खड़े हुए व्यक्ति ने कांच की छड़ को लेकर पहले की भांति रगड़ा। कांच की छड़ विद्युतमय हो गयी तथा इसने हलके पदार्थों को आकर्षित किया। विद्युत कहां से आयी? वो स्वयं व्यक्ति से आयी होगी। उसमे विद्युत हर समय विद्यमान रही होगी, परन्तु किसी कारण से प्रदर्शित नहीं हुई होगी। जब उसने कांच की छड़ को रगड़ा, विद्युत का कुछ अंश उस छड़ में प्रवेश कर गया। परन्तु उसमें व्यक्ति का क्या रोल रहा? जितने विद्युत द्रव ने छड़ में प्रवेश किया, वह उस व्यक्ति ने खो दिया। इसका उस व्यक्ति पर क्या असर हुआ?

इस विषय पर आगे परीक्षण के लिये फ्रैंक्लिन ने मोम के दूसरे गुटके पर एक अन्य व्यक्ति को खड़ा किया। पहले व्यक्ति ने विद्युतमय कांच की छड़ से दूसरे व्यक्ति को छुआ। विद्युत द्रव दूसरे व्यक्ति में भर गया तथा वह विद्युतमय हो गया। पंख उससे चिपक गए। यदि उसने अपनी ऊँगली किसी चालक के पास रखी तो चिंगारी निकली। तत्पश्चात वह विद्युतमय नहीं रहा और अनावेषित हो गया।

परन्तु पहले व्यक्ति का क्या हुआ जिसने विद्युत द्रव को दूसरे व्यक्ति में प्रवेश कराया? वह पहला व्यक्ति भी विद्युतमय हो गया था तथा पंखों को आकर्षित कर रहा था। उसको भी चिंगारी के साथ अनावेषित किया जा सकता था।

साथ में यह भी निकला कि दोनों व्यक्तियों के पास भिन्न-भिन्न आवेश थे। दूसरे व्यक्ति के पास, जिसको कांच की छड़ से विद्युतमय किया गया था, डूफे द्वारा विचारित कांच-विद्युत द्रव था। पहले व्यक्ति के पास रेजिन–विद्युत द्रव था। (इसे कार्क के टुकड़ों द्वारा जांचा जा सकता है, कुछ टुकड़े कांच की छड़ द्वारा विद्युतमय करके तथा कुछ रेजिन छड़ को विद्युतमय करके। यह देख कर कि कौन से टुकड़े किस व्यक्ति की ओर आकर्षित होते हैं तथा कौन से टुकड़े किस व्यक्ति से दूर हटते हैं)।

फ्रैंक्लिन को लगा कि प्रत्येक वस्तु में पहले से ही कुछ मात्रा में विद्युत द्रव रहता है, परन्तु वह ऐसे व्यवहार करता है जैसे कि अविद्युतमय हो। वह कुछ भी आकर्षित नहीं करता।

रगड़ के कारण कुछ विद्युत द्रव वस्तु से दूर निकल जाता या कुछ उसके अंदर रगड़ा जाता है। तब वस्तु में विद्युत द्रव या तो सामान्य से अधिक होगा अथवा सामान्य से कम होगा। दोनों ही स्थितियों में वह ऐसे व्यवहार करेगा जैसे कि उसके पास विद्युत आवेश हो। यदि वस्तु के पास सामान्य से अधिक विद्युत द्रव है तो फ्रैंक्लिन ने कहा यह “घनात्मक आवेशित” (positively charged) है। और यदि वस्तु के पास सामान्य से कम विद्युत द्रव है तो यह “ऋणात्मक आवेशित” (negatively charged) है। यदि दोनों वस्तुओं में प्रत्येक के पास घनात्मक आवेश है तो वे एक दूसरे को प्रतिकर्षित करेंगे। यह इसलिए क्योंकि प्रत्येक के पास पर्याप्त से अधिक विद्युत है तथा प्रत्येक के लिये और विद्युत का कोई उपयोग नहीं है। यदि दोनों में ऋणात्मक आवेश है तो भी वे एक दूसरे से दूर हटते हैं। यह इसलिए क्योंकि प्रत्येक के पास पर्याप्त से कम विद्युत है और तब कोई भी एक दूसरे को विद्युत नहीं देगा।

यदि एक वस्तु के पास घनात्मक आवेश हो तथा दूसरी के पास ऋणात्मक आवेश हो तो स्थिति बिल्कुल भिन्न होगी। घनात्मक आवेश वाली वस्तु के पास अतिरिक्त विद्युत द्रव होता है जो वह दे सकती है जबकि दूसरी के पास विद्युत द्रव की कमी होती है। अतः दोनों वस्तुंए एक दूसरे को आकर्षित करेंगी और जब वे

छूती हैं तो घनात्मक आवेशित वस्तु से विद्युत द्रव ऋणात्मक आवेशित वस्तु में प्रवेश करता है। तत्पश्चात प्रत्येक के पास विद्युत की उचित मात्रा होगी तथा उनमे से कोई भी आवेशित नहीं रहेगा। दोनों विपरीत आवेश एक दूसरे को बेअसर (neutralize) कर देंगे।

फ्रैंक्लिन ने इसका निरीक्षण किया। उसने एक व्यक्ति से कांच की छड़ रगड़वायी तथा इस छड़ से उसने दूसरे व्यक्ति को छुआ। अब एक के पास अत्यधिक विद्युत द्रव था जबकि दूसरे के पास अत्यंत कम था। दोनों विद्युत से आवेशित थे। एक के पास घनात्मक आवेश था तथा दूसरे पास ऋणात्मक आवेश था।

उसने उन दो व्यक्तियों से अपने हाथों को एक दूसरे से पकड़ने के लिये कहा तथा उनकी उंगलियों को एक दूसरे के साथ जोर से पकड़वाया। जब उन्होंने ऐसा किया तो विद्युत द्रव एक से दूसरे में प्रवेश कर गया। क्योंकि दोनों विद्युत से आवेशित थे, उनकी उंगलियों के बीच एक चमकदार चिंगारी निकली। दोनों व्यक्तियों की उंगलियों में झनझनाहट हुई। उसके बाद कोई भी व्यक्ति विद्युतमय नहीं रहा, तथा उनका आवेश बेअसर हो गया था।

अब प्रश्न यह था कि किस प्रकार का विद्युत आवेश घनात्मक था तथा किस प्रकार का ऋणात्मक। जब कांच की छड़ को रेशम से रगड़ा, तो कांच में या तो सामान्य से अधिक विद्युत आयी या सामान्य से कम आयी। फ्रैंक्लिन के पास इसकी पुष्टि का कोई रास्ता नहीं था। अतः उसने सिर्फ अनुमान लगाया।

फ्रैंक्लिन ने निर्णय लिया कि रगड़ने के पश्चात कांच में सामान्य से कम विद्युत द्रव था इसलिए उसमें ऋणात्मक आवेश था। इसका अर्थ यह हुआ कि रेजिन की छड़ में दूसरे प्रकार का आवेश था और इसमें घनात्मक आवेश था। सभी अन्य विद्युतीय आवेशों की तुलना रेजिन एवम कांच के आवेशों से की गई। उनके व्यवहार के अनुसार ऋणात्मक एवम घनात्मक आवेश वर्णित किये गए। (कुछ वर्षों पश्चात जब वैज्ञानिक नये तथ्य एवम विधि के साथ जो फ्रैंक्लिन के पास नहीं थे, इस विषय में अधिक गहराई से शोध कर सके, तो उन्होंने निष्कर्ष निकाला कि फ्रैंक्लिन का अनुमान ठीक नहीं था। विद्युत द्रव कांच में सामान्य से अधिक था तथा रेजिन में सामान्य से कम। परन्तु इस बात से भी फ्रैंक्लिन का मूल सिद्धांत दूषित नहीं हुआ)।

विद्युत द्रव के व्यव्हार को समझने के पश्चात फ्रैंक्लिन लेडेन जार की कार्य शैली को स्पष्ट कर सका। जब किसी पदार्थ की साधारण छड़ को रगड़ा जाये तो वह ऋणात्मक अथवा घनात्मक आवेश ही ग्रहण करेगा। जितना अधिक विद्युत आवेश छड़ में भरा जायेगा उतना ही और अधिक भरना कठिन हो जायेगा। ऐसा करते रहने के पश्चात जितना संभव हो उतना ही आवेश संग्रहित हो पायेगा।

परंतु लेडेन जार में कांच के एक ओर धातु का लेप ऋणात्मक था तथा दूसरी ओर लेप में घनात्मक आवेश था। उन दोनों के बीच में कांच ने दोनों आवेशों को एक साथ आने तथा निष्प्रभावित होने से रोका। ऋणात्मक आवेशित लेप दूसरे घनात्मक आवेशित को आकर्षित करता रहा। अतः धातु के लेपों पर कुल आवेश उतने ही आकार के अन्य पदार्थ के विद्युतीय आवेश से अधिक हो सकता था।

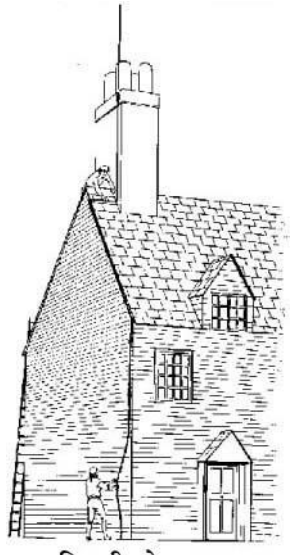
इसके बाद फ्रैंक्लिन ने लेडेन जार के अनावेषित होने पर निकली हुई चिंगारी के विषय में विचार किया। फ्रैंक्लिन ने इसको मेघ गर्जन के साथ बिजली वाले तूफ़ान (thunder storm) में चमकने वाली बिजली के समान कहा।

वास्तव में बादलों की गर्जन तथा बिजली क्या हैं? जब बिजली वाला तूफ़ान उमड़ रहा था, तो शायद बादल एवम पृथ्वी ने एक बड़े लेडेन जार के समान व्यवहार किया। शायद बादलों में ऋणात्मक आवेश उत्पन्न हुआ तथा पृथ्वी में घनात्मक आवेश उत्पन्न हुआ, अथवा उसका उल्टा हुआ। उन दोनों के बीच विद्यमान वायु ने कुचालक का काम किया। जब बादल और वायु में पर्याप्त आवेश एकत्रित हो गया, तो अनावेषित होने के लिये जोर इतना अधिक हो गया कि विद्युत द्रव ने अपना रास्ता वायु के माध्यम से बना लिया। इसके कारण एक अत्यंत शक्तिशाली चिंगारी निकली जिसे हम बिजली का कड़कना कहते हैं तथा अत्यंत शक्तिशाली चिटकन को गर्जन कहते हैं।

बेंजामिन फ्रैंक्लिन द्वारा किया पतंग का प्रयोग

आवेशित होने के पूर्व एकत्रित हुए आवेश की मात्रा अत्यंत अधिक थी। इस कारण से अनावेश भी अत्यंत अधिक था। यदि कोई मकान इतनी मात्रा के विद्युत द्रव को अनावेषित करे तो उसकी गर्मी मकान को जला देगी। यदि कोई मानव इसको अनावेषित करे तो उसके प्रभाव से वह मर भी सकता है।

जून 1752 में फ्रैंक्लिन ने अपनी कल्पना के परीक्षण के लिये तूफ़ान और बिजली कड़कने के समय पतंग उड़ाने का विचार किया। उसने पतंग की लकड़ी के फ्रेम पर धातु की एक नुकीली छड़ बांधी तथा उस छड़ से एक लम्बी डोरी बांध दी। उसने डोरी का एक टुकड़ा पतंग को संभालने वाली चरखी से जोड़ दिया। डोरी के निचले छोर पर उसने एक धातु की चाबी लटका दी।



चिमनी के ऊपर
विद्युत छड़

यदि बादलों में विद्युत होगी तो वह पतंग पर लगी हुई धातु की छड़ में प्रवेश करेगी तथा गीली डोरी के माध्यम से नीचे होती हुई चाबी तक प्रवाहित होगी। उसने इस प्रयोग को अपने ऊपर नहीं करना चाहा क्योंकि विद्युत का झटका उसे मार भी सकता था। अतः उसने एक रेशम की डोरी को पतंग संभालने वाली डोरी से जोड़ दिया और उसने रेशम की डोरी को पकड़ा। जब तक रेशम सूखा होगा, तब तक विद्युत उसमें प्रवाहित नहीं होगी। पतंग उड़ाते समय वह अत्यंत सावधानी के साथ छप्पर के नीचे खड़ा रहा। (वास्तव में बिजली वाले तूफान में पतंग उड़ाना अत्यंत खतरनाक है तथा ऐसा करते हुए कई व्यक्ति मर भी गए हैं। अतः ऐसा प्रयत्न नहीं करना चाहिए)।

जब तूफानी बादल इकट्ठे हुए तो कुछ क्षण बाद फ्रैंक्लिन ने ध्यान दिया कि पतंग की डोरी के रेशे इस तरह हटे हुए खड़े थे जैसे उन सभी में समान विद्युत आवेश हो।

सावधानी के साथ फ्रैंक्लिन ने अपनी उंगली को डोरी के निचले छोर पर बंधी हुई चाबी के निकट रखा। चाबी से उसकी उंगली की ओर चिंगारी निकली और उसे झटका लगा। यह झटका उसी तरह का था जैसा कि उसे प्रयोगशाला में विद्युत द्रव के अनावेषित होने पर लगा था।

वह अपने साथ एक अनावेषित लेडेन जार भी लाया था। उसने जार की पीतल की छड़ से चाबी को छुआ तथा जार का परीक्षण किया। जार का व्यव्हार बिलकुल वैसा ही था जैसे विद्युतमय कांच की छड़ी से जार को छूने पर होता था।

फ्रैंक्लिन ने सिद्ध किया कि कड़कती बिजली (lightening) एक विद्युत चिंगारी ही है। उसने यह भी सिद्ध किया कि बादलों में उत्पन्न विद्युत तथा प्रयोगशाला में बनायी गयी विद्युत एक समान हैं।

फ्रैंक्लिन ने कुछ और भी किया। सन 1747 में उसे जो लेडेन जार मिला था उसने उसके साथ ही प्रयोग किये थे। परन्तु अब उसने एक सिरे पर गुट्थल (blunt) पीतल की छड़ के स्थान पर नुकीली छड़ का उपयोग किया। इस बदलाव के बाद लेडेन जार को अनावेशित करना सरल था। अत्यंत पैनी सुई ने लेडेन जार को अनावेषित करना इतना सरल कर दिया कि उसको आवेशित करना ही अत्यंत कठिन हो गया। लेडेन जार में जितना भी आवेश भरा हो, वह सुई के बिंदु से होता हुआ बाहर चला जाता था।

फ्रैंकक्लिन ने दर्शाया था कि बिजली और पृथ्वी मिलकर एक बहुत बड़ा लेडेन जार बनाते हैं। तो क्या तूफ़ान के समय नुकीली बिंदु बादलों तथा पृथ्वी को भी अनावेषित कर देगी?

उसने एक नुकीली छड़ को एक मकान की छत पर रखा तथा तारों द्वारा इसको जमीन से जोड़ दिया। ऐसा करने पर मकान तथा उसके आस पास के क्षेत्र कभी भी अधिक आवेश एकत्रित नहीं कर पाएंगे। जितनी तेजी से आवेश एकत्रित होगा, उतनी ही तेजी से बाहर निकल जायेगा। अतः वहां प्रबल अनावेश कभी नहीं होगी। इस तरह से मकान कभी भी बिजली के गिरने पर नष्ट नहीं होगा।

पतंग के प्रयोग के एक वर्ष पश्चात 1753 में, फ्रैंक्लिन ने दुनिया को बताया कि किस तरह मकान पर बिजली की छड़ को लगाया जा सकता है। उसके बाद अमेरिका एवम यूरोप की सभी बस्तियों में लोगों ने मकानों के ऊपर बिजली की छड़ लगानी प्रारंभ कर दी। इस प्रकार पहली बार विद्युत के ज्ञान का व्यापक उपयोग हुआ।

5. बैटरी एवं जेनेरेटर

सन 1771 में विद्युत के प्रयोगों ने एक नया मोड़ लिया। इटली में लुइगी गलवानी नाम का एक जीव वैज्ञानिक लेडेन जार के साथ प्रयोग कर रहा था। वह मेंढक के पैर के साथ प्रयोग कर रहा था, जिसका विद्युत से कुछ लेना देना नहीं था। लेडेन जार से मेंढक के पैर पर चिंगारी निकली तथा पैर फड़का। इस बात पर गलवानी को आश्चर्य हुआ क्योंकि मांसपेशी सामान्यतः जीवित होने पर ही संकुचित होती हैं। विद्युत ने मृत मांशपेशियों को ऐसा कर दिया जैसे कि वे जीवित हों। क्या विद्युत जीवन के साथ कुछ कर सकती है?

गलवानी, फ्रैंक्लिन के प्रयोगों को जानता था। उसे इसका भी ज्ञान था कि बादलों की बिजली एक बहुत बड़ी चिंगारी है। यदि मेंढक के पैर खिड़की से तब बाहर रखें जब बादलों की बिजली के साथ तूफान चल रहा हो, तो वायु तथा पृथ्वी में विद्युत भरने के साथ क्या मृत मांसपेशियां भी फड़केंगी?

जब बिजली कड़कने के साथ तूफान आया तब उसने मेंढक के कुछ पैरों को (जिनके साथ वह प्रयोग कर रहा था) पीतल के हुकों पर रखा ताकि वे उड़कर सड़क पर न जायें। उसके बाद उसने उन पैरों को खिड़की के बाहर लोहे की जाली पर फैला दिया। वास्तव में मांसपेशियां फड़कीं तथा कुछ समय तक फड़कती रहीं।

उसने जब साफ मौसम में, तूफान की अनुपस्तिथि में वही प्रयोग किया तो भी मांसपेशियां फड़कीं। यह बात कुछ पेचीदा थी। वास्तव में जब भी मांसपेशियों ने एक ही समय पर पीतल एवं लोहे जैसी दो भिन्न धातुओं से संपर्क किया, तो मांसपेशियां फड़कीं।

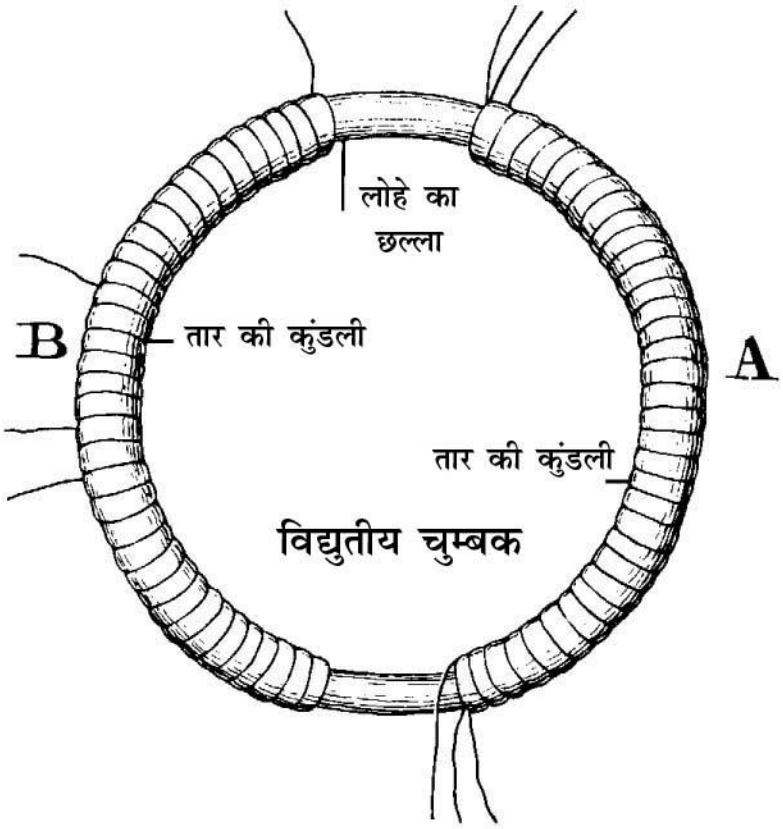
गलवानी को लगा कि जीवन एवं विद्युत के बीच कोई सम्बन्ध होना चाहिये। सभी जीव विद्युत से भरे होते हैं और यह "जीव-विद्युत" मृत्यु के पश्चात तुरंत अदृश्य नहीं होती। अतः भिन्न धातुओं को छूने पर मांसपेशियां भी फड़कीं। तब इटली के एक वैज्ञानिक अल्लेस्सांद्रो वोल्टा ने भी मांसपेशियों के फड़कने पर आश्चर्य प्रगट किया। उसने विद्युत पर पर्याप्त कार्य किया था पर वह इस बात से संतुष्ट नहीं था कि मांसपेशियों में विद्युत की असाधारण मात्रा होती है।

जब मांसपेशियों ने दो भिन्न धातुओं से संपर्क किया तो हो सकता है कि विद्युत मांसपेशियों से उत्पन्न न होकर धातुओं से उत्पन्न हुई हो। यदि ऐसा है तो शायद धातुओं का उपयोग मांसपेशियों के बिना विद्युत उत्पन्न करने किया जा सकता हो। यदि दो भिन्न धातुओं के छोरों को जोड़ते हुए गीली मांसपेशी रखने के स्थान पर नम गत्ते का टुकड़ा को रखा जाये तो क्या होगा?

सन 1794 में वोल्टा ने प्रतिपादित किया कि बिना रगड़ के तथा बिना किसी मांसपेशी से विद्युत उत्पन्न हो सकती है। यदि दो भिन्न धातुओं को नमकीन जल में रखते हैं तो धातुओं में रासायनिक बदलाव होता है। नमकीन जल इसलिए क्योंकि नमकीन जल सुचालक होता है। इसलिए ये रासायनिक बदलाव किसी तरह से विद्युत से सम्बंधित हैं। दोनों में से एक धातु विद्युत द्रव प्राप्त करती है और घनात्मक आवेशित हो जाती है जबकि दूसरी धातु इसको छोड़ कर ऋणात्मक हो जाती है।

वोल्टा ने अपने प्रयोगों को जारी रखा तथा अधिकाधिक आवेश को एकत्रित करने का प्रयत्न किया। सन 1800 में उसने नमकीन जल के प्यालों की एक पूरी श्रंखला तैयार की। उसने ताम्बे की एक पट्टी को एक प्याले से दूसरे प्याले में मोड़ा। टीन की पट्टी को दूसरे प्याले से तीसरे प्याले में मोड़ा। फिर ताम्र पट्टी को तीसरे से चौथे प्याले में मोड़ा। फिर टीन पट्टी को और इस तरह करता गया प्रत्येक पट्टी को अगले प्याले की पट्टी से जोड़ा।

सभी ताम्र की पट्टियों में घनात्मक आवेश स्थापित हुआ तथा सभी टीन की पट्टियों में ऋणात्मक आवेश स्थापित हुआ। सभी आवेश एक दूसरे से जुड़ते हुए प्रतीत हुए जिससे सभी प्यालों का मिलकर कुल आवेश केवल एक अकेले प्याले के आवेश से कहीं अधिक था।



वोल्टा ने प्यालों की पंक्ति के एक छोर पर लगी टीन पट्टी को दूसरे छोर पर लगी ताम्र पट्टी से धातु के तार के द्वारा जोड़ा। एक छोर से अतिरिक्त विद्युत द्रव धातु के तार के माध्यम से कम विद्युत द्रव वाले दूसरे छोर पर प्रवाहित हुआ।

क्योंकि ताम्र, टीन और नमकीन पानी में रासायनिक बदलाव निरंतर होते रहे, एक छोर पर घनात्मक आवेश निरंतर उत्पन्न होता रहा तथा दूसरे छोर पर ऋणात्मक आवेश भी निरंतर उत्पन्न होता रहा। तार के माध्यम से विद्युत तब तक प्रवाहित होती रही जब तक रासायनिक बदलाव होते रहे। जब भी एक जैसी वस्तुओं की लंबी कड़ी हो तो उसे उन वस्तुओं की "बैटरी" कहा जाता है। वोल्टा के पास विद्युत आवेश उत्पन्न करने वाले, नमकीन जल के धातु पट्टी युक्त प्यालों की पूर्ण श्रंखला थी। अतः इसे "विद्युतीय बैटरी" कहा गया जिसका आविष्कार सर्वप्रथम वोल्टा ने किया था।

वोल्टा के समय तक विद्युत के साथ जितने भी प्रयोग हुए, विद्युत किसी विशेष वस्तु में स्थिर रही। विद्युत स्थानांतरित नहीं हुई। अतः इसको "स्थिर" (static) विद्युत कहा। लैटिन में स्टेटिक का अर्थ "स्थिर रहना" होता है। वोल्टा की बैटरी ने विद्युत उत्पन्न की, जो तार के माध्यम से निरंतर प्रवाहित हुई। उसने सबसे पहली बार विद्युत प्रवाह (electric current) उत्पन्न किया।

अब तो लोग इस नये विद्युतीय उपकरण (device) के साथ प्रयोग करने लगे। उन्होंने नयी एवं बेहतर बैटरीयां बनायीं। उन्होंने पाया कि यदि रासायनिक बदलाव विद्युत उत्पन्न कर सकते हैं तो इसका उल्टा भी कर सकते हैं। यानि विद्युत धारा को रासायनिक बदलाव के लिये भी उपयोग कर सकते हैं।

सन 1800 में हम्फ्री डेवी नाम के एक दूसरे अंग्रेज ने विद्युत का प्रयोग कुछ ऐसे पथरीले पदार्थों को तोड़ने के लिए किया जो पहले कभी तोड़े नहीं गए थे। उसने नयी धातुएं भी प्राप्त कीं जो पहले कभी देखी नहीं थीं।

उसके बाद सन 1819 में हांस क्रिस्चियान ओर्स्टेड नामक एक डेनमार्क के वैज्ञानिक ने देखा कि जब कोई तार विद्युत प्रवाहित करता है तो वह चुम्बक की भांति व्यव्हार करता है। विद्युत एवं चुम्बक दोनों का आपस में कुछ तो सम्बन्ध अवश्य हैं।

इस नए तथ्य के लिये तुरंत प्रयोग प्रारम्भ हो गये। सन 1829 में जोसफ हेनरी नामक एक वैज्ञानिक ने दर्शाया कि यदि विद्युत प्रवाहित होते हुए तार की कुंडली (coil) बनायीं जाये तो चुम्बकीय आकर्षण और अधिक शक्तिशाली हो जाता है। तार की प्रत्येक कुंडली अगली कुंडली की सहायक बनी। यह महत्वपूर्ण था कि सम्पूर्ण तार रेशम में लपेटा जाये ताकि विद्युत धारा एक कुंडली के बीच से दूसरी कुंडली में तार की मोटाई से न जा कर तार की पूरी लम्बाई में प्रवाहित हो सके।

जब तार की कुंडलियां लोहे के टुकड़े के चारों ओर लपेटी गयीं तो चुम्बकीय आकर्षण और भी अधिक शक्तिशाली हो गया। यह आकर्षण किसी भी सामान्य चुम्बक के आकर्षण से बहुत अधिक था। और बड़ी बात यह थी कि “विद्युतीय-चुम्बक” (electro-magnet) को सरलता से चालू एवं बंद किया जा सकता था। यदि तार बैटरी से जोड़ दिये तो चुम्बकीय आकर्षण प्रारम्भ हो गया, और यदि तार बैटरी से हटा दिये तो चुम्बकीय आकर्षण रूक गया।

हेनरी ने 1-टन से भी अधिक भार वाले लोहे को उठाने के लिये एक छोटे विद्युतीय चुम्बक का उपयोग किया। वह इस चुम्बक से लोहे को दूसरे स्थान पर ले जा सका।

माइकल फैराडे (Michael Faraday) नाम के अंग्रेज वैज्ञानिक ने दर्शाया कि जिस तरह विद्युत चुम्बकत्व (magnetism) उत्पन्न कर सकती है, उसी प्रकार चुम्बकत्व का उपयोग से विद्युत का उत्पादन भी हो सकता है। सन 1831 में उसने दर्शाया कि जब ताम्र प्लेट को एक चुम्बक के निकट घुमाया जाए तो ताम्र में विद्युत धारा उत्पन्न होती है।

फिर उसने ताम्र प्लेट को भाप इंजन की सहायता से घुमाया। जब तक भाप के इंजन से ताम्र प्लेट को घुमाते रहें तब तक विद्युत धारा प्रवाहित होती रही। फैराडे ने इस प्रकार से विद्युत को उत्पन्न किया तथा “विद्युतीय उत्पादक यन्त्र" अर्थात जेनेरेटर का आविष्कार किया।

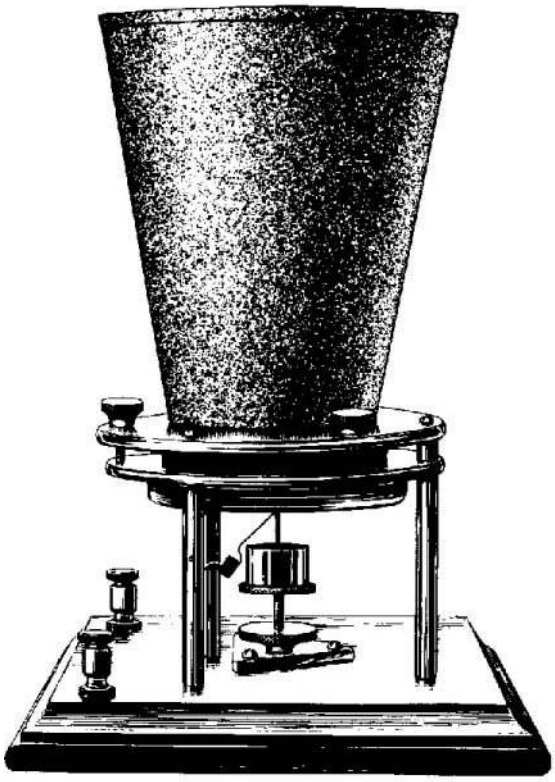
यह विद्युत उत्पादक यन्त्र बैटरी की तुलना में उन्नत और सस्ता था। बैटरी द्वारा विद्युत तभी उत्पन्न होती थी जब कुछ ताम्र, टीन, जस्ता जैसी मूल्यवान धातुएं रासायनिक प्रतिक्रियाओं में भाग लेती थीं। विद्युत जेनेरेटर को भाप के इंजन ने चलाया। भाप इंजन कोयले के जलने से ऊर्जावान होता था और तब कोयला बहुत सस्ता था।

फैराडे की खोज के साथ अधिक मात्रा में सस्ती विद्युत उपलब्ध हो सकी तथा लोग इसका उपयोग कर सके। उसी वर्ष, जोसेफ हेनरी ने फैराडे की खोज का उल्टा कर दिखाया। फैराडे ने तो घूमती हुई ताम्र प्लेट से विद्युत उत्पन्न की थी। हेनरी ने दर्शाया कि विद्युत धारा से पहिये को घुमाया जा सकता है। इस प्रकार उसने विद्युतीय मोटर का आविष्कार किया।

विद्युतीय मोटर को किसी भी क्षण प्रारंभ किया जा सकता था तथा किसी भी क्षण रोका जा सकता था। एक छोटी सी मोटर की सहायता से वस्तुओं को निरंतर घुमाया जा सकता था। तब तक जो भी कार्य मनुष्य एवं जानवर करते थे, उनमे से अधिकांश को विद्युत द्वारा किया जा सकता था। धीरे-धीरे आविष्कारकों ने विद्युतीय मोटर का उपयोग अदभुत काम करने वाले यंत्रों के बनाने में किया।

A	•—	S	•••
B	—•••	T	—
C	—•——	U	••—
D	—••	V	•••—
E	•	W	•——
F	••—•	X	—••—
G	——•	Y	—•——
H	••••	Z	——••
I	••		
J	•———	1	•————
K	—•—	2	••———
L	•—••	3	•••——
M	——	4	••••—
N	—•	5	•••••
O	———	6	—••••
P	•——•	7	——•••
Q	——•—	8	———••
R	•—•	9	————

मोर्स कोड



अलेक्ज़ेंडर ग्राहम बेल का संभाषण यंत्र / टेलीफोन
(पहला संभाषण सन 1879 में प्रसारित)

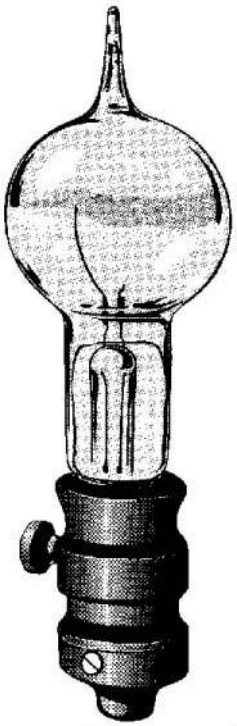
सन 1844 में सेमुएल एफ बी मोर्स नाम के एक अमेरिकन आविष्कारक ने सर्वप्रथम एक "विद्युतीय टेलीग्राफ" बनाया। एक लम्बे तार में विद्युत धारा को रोक कर तथा चालित करके, बिंदुओं तथा कुछ लंबी-छोटी लकीरों से संकेतों को भेजा। बिन्दुओं एवं छोटी लकीरों को वर्णमाला के प्रत्येक अक्षर को प्रदर्शित करने के लिये विभिन्न तरह से व्यवस्थित किया। इस कुंजी या "मोर्स कोड" के द्वारा संदेशों को, पलक झपकते ही/विद्युत की गति (3000 कि० मी० प्रति सेकंड से भी अधिक) से, लम्बी दूरीयों तक भेजा जा सका। टेलीग्राफ के द्वारा संदेशों को न्यूयॉर्क से सन फ्रंस्सिस्को तक 1/60 सेकंड से भी कम समय में भेजा जा सका।

सन 1876 में अलेक्जेंडर ग्राहम बेल नाम के स्कॉटिश–अमेरिकन आविष्कारक ने एक विधि विकसित की। इसके द्वारा विद्युत धारा को कमजोर अथवा प्रबल करके ध्वनि तरंगें उत्पन्न की जा सकीं। इस यन्त्र को टेलीफोन का नाम देकर उसने टेलीफोन का आविष्कार किया।

सन 1879 में थोमस अल्वा एडिसन नाम के अमेरिकन आविष्कारक ने कार्बन के धागे के माध्यम से, वायुरहित बंद गैस पात्र में विद्युत धारा प्रवाहित करने की विधि खोजी। विद्युत धारा ने कार्बन के धागे को तब तक गर्म किया जब तक कि वह सफ़ेद गर्म होकर चमकता रहा। एडिसन ने "विद्युत प्रकाश" (electric light) का आविष्कार किया।

तत्पश्चात अनेक आविष्कार हुए। आजकल हम सभी विद्युत का उपयोग करते हैं। हम इसका उपयोग खाना बनाने, गर्म करने, ठंडा करने, बर्फ ज़माने, प्रकाश आदि के लिये कर सकते हैं। इसका उपयोग ग्रामोफ़ोन, रेडियो, टेलीविज़न, आदि को चलाने में भी करते हैं।

विद्युत के उपयोगों का कोई अंत नहीं है। प्रतिवर्ष, लोग अधिक से अधिक विद्युत का उपयोग करते हैं। विद्युत ने हमारे जीवन को हमारे पूर्वजों से पूरी तरह से भिन्न कर दिया है।



थोमस अल्वा एडिसन का सबसे पहला
बिजली का लट्टू / बल्ब

यह अनेक व्यक्तियों की जिज्ञासा और शोध का परिणाम है। ये सब व्यक्ति आश्चर्य करते रहे कि वस्तुएं जो व्यवहार करती हैं वो क्यों और कैसे करती हैं।

समाप्त